

ALMANAQUE PARA POPULARIZAÇÃO DE  
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

SÉRIE 2  
INTELIGÊNCIA  
ARTIFICIAL



Volume 2

# INTRODUÇÃO À COMPUTAÇÃO EVOLUTIVA

A PARTIR DOS ALGORITMOS GENÉTICOS



Clebeson Canuto dos Santos  
José Antônio de Andrade Reis  
Maria Augusta Silveira Netto Nunes  
Sílvio César Cazella

# UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS

REITOR

Angelo Roberto Antonioli

PRO-REITORA

Prof. Dra. Iara Campelo

RESPONSÁVEL PELA PRIMEIRA EDIÇÃO

José Antônio de Andrade Reis

REVISÃO GERAL

Maria Augusta Silveira Netto Nunes

RESPONSÁVEL PELA SEGUNDA EDIÇÃO

Lucio Gregório Lopes Santos

*Os personagens e as situações desta obra são reais apenas no universo da ficção; não se referem a pessoas e fatos concretos, e não emitem opinião sobre eles.*

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

l61i

Introdução à computação evolutiva a partir dos algoritmos genéticos [recurso eletrônico] / Clebeson Canuto dos Santos ... [et al.]. – 2. ed. – Porto Alegre : SBC, 2017.

20 p. : il. – (Almanaque para popularização de ciência da computação. Série 2, Inteligência artificial ; v. 2)

ISBN 978-85-7669-403-8

1. Computação evolutiva. 2. Inteligência artificial. I. Santos, Cleber Canuto dos. II. Universidade Federal de Sergipe. III. Série.

CDU 004(059)



Cidade Universitária José Aloísio de Campos  
CEP - 490100-000 - São Cristóvão - SE

# Almanaque para popularização de Ciência da Computação

## Série 2: INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL Volume 2: INTRODUÇÃO À COMPUTAÇÃO EVOLUTIVA A PARTIR DOS ALGORITMOS GENÉTICOS

Sociedade Brasileira de Computação - SBC  
Porto Alegre - RS

Autores

Clebeson Canuto dos Santos  
José Antônio de Andrade Reis  
Maria Augusta Silveira Netto Nunes  
Sílvio César Cazella

Realização  
Universidade Federal de Sergipe

São Cristóvão - Sergipe  
2017

# Apresentação

Essa cartilha foi desenvolvida pelo projeto de Bolsa de Produtividade CNPq-DTI n°306576/2016-3, coordenado pela prof<sup>a</sup>. Maria Augusta S. N. Nunes em desenvolvimento no Departamento de Computação (DCOMP)/Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação (PROCC) – UFS. É também vinculado à projetos de extensão, Iniciação Científica e Tecnológica para popularização de Ciência da Computação em Sergipe apoiado pela PROEX, COPES e CINTTEC/UFS. O público alvo das cartilhas são jovens pré-vestibulandos e graduandos em anos iniciais. O objetivo é fomentar ao público sergipano e nacional o interesse pela área de de Ciência da Computação.

As cartilhas da série de Inteligência Artificial descrevem sobre a área da Ciência da Computação que busca simular a inteligência humana através de mecanismos e software. Essa cartilha introduz a área de Computação Evolutiva apresentando conceitos básicos sobre evolução biológica e sua relação com os algoritmos genéticos. Os algoritmos genéticos tem sido uma ferramenta importante para busca de soluções em problemas de otimização por meio de algoritmos inteligentes, sendo usados por grandes empresas e universidades ao redor do mundo.

(Maria Augusta Silveira Netto Nunes)









PEDRO VOCÊ LEMBRA QUANDO SEU PROFESSOR DO ENSINO MÉDIO TE FALOU SOBRE A TEORIA DA EVOLUÇÃO?

LEMBRO-ME DE ALGUMA COISA, MAS NÃO LEMBRO DE TUDO.

POIS BEM, VAMOS LÁ...

EM MEADOS DO SÉCULO 19, UM NATURALISTA INGLÊS CHAMADO CHARLES DARWIN, PUBLICOU SUA TEORIA SOBRE A EVOLUÇÃO DAS ESPÉCIES.

A TEORIA FOI BASEADA EM OBSERVAÇÕES QUE FORAM REALIZADAS AO DECORRER DE APROXIMADAMENTE QUATRO ANOS, POR MEIO DE UMA VIAGEM QUE DARWIN FEZ AO REDOR DO MUNDO.



É PAI DISSO EU LEMBRO.

LEMBRO AINDA QUE FOI NA ILHA DE GALÁPAGOS QUE DARWIN OBSERVOU UMA ESPÉCIE DE PÁSSARO CHAMADO TORDO-DO-S-REMÉDIOS QUE PARECIA SER TOTALMENTE DIFERENTE DO QUE SE CONHECIA.

E POR ISSO ELE PÔDE COMEÇAR A PENSAR EM COMO AS ESPÉCIES EVOLUÍAM.

ISSO MESMO.

DARWIN JÁ NÃO ERA TOTALMENTE A FAVOR DA TEORIA DA EVOLUÇÃO PROPOSTA PELO FRANCÊS JEAN BAPTISTE LAMARCK, QUE DIZIA QUE AS ESPÉCIES SURTIAM DE MATÉRIA INANIMADA.

E, ASSIM, ESSA VIAGEM AJUDOU DARWIN A CHEGAR NUMA NOVA TEORIA.



MAS...



...PERCEBO QUE A CONVERSA VAI SER LONGA.

ENTÃO PENSO QUE SERIA MELHOR IRMOS CONVERSAR LÁ NO ESCRITÓRIO.

POIS LÁ TEM QUADRO BRANCO E EU POSSO TE EXPLICAR MELHOR.

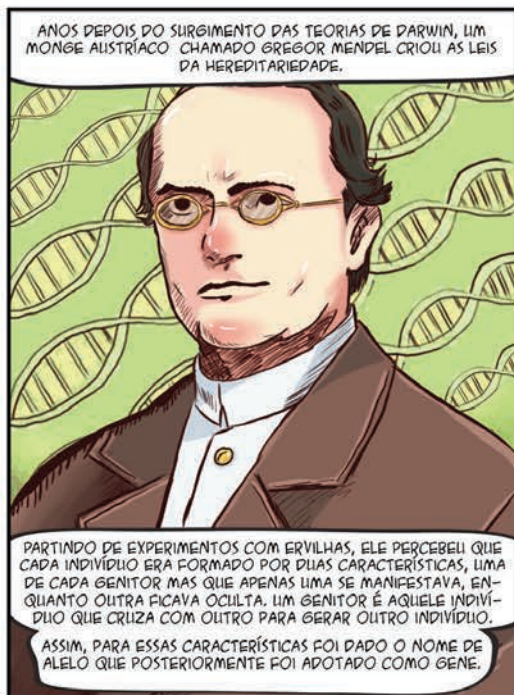
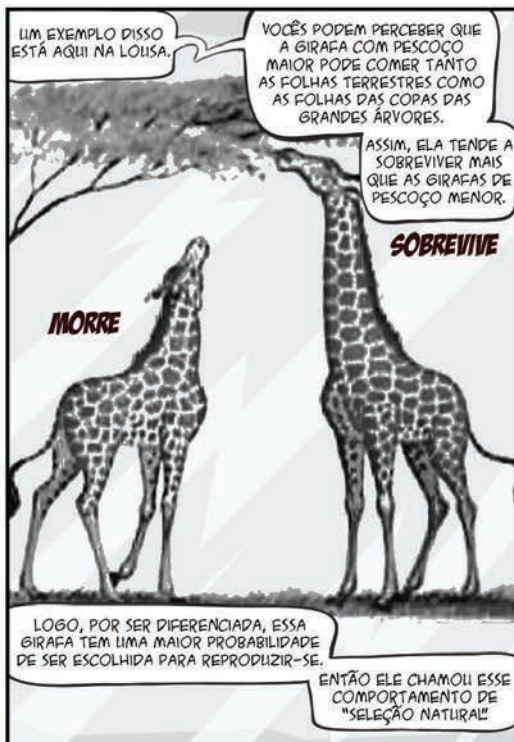
TAMBÉM ACHO BOM MEU AMOR. SERÁ QUE EU TAMBÉM POSSO PARTICIPAR DA "AULA"?

CLARO QUE SIM, MEU AMOR.



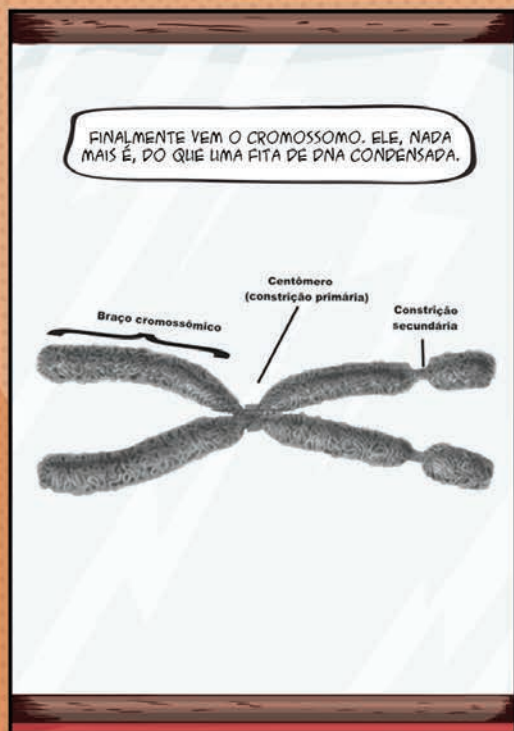












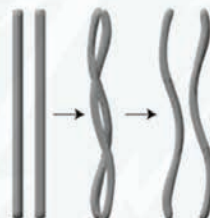




BEM, AGORA QUE JÁ SABEMOS O QUE SÃO GENES, DNA E CROMOSSOMO, PODEMOS PROSSEGUIR.

NO MECANISMO DE CRUZAMENTO QUANDO DOIS GENITORES VÃO SE REPRODUZIR, DUAS FITAS DE DNA, UMA DE CADA GENITOR, SE CRUZAM, RESULTANDO EM DUAS FITAS MISTAS.

ASSIM, O INDIVÍDUO GERADO A PARTIR DE UMA DESSAS FITAS TERÁ CARACTERÍSTICAS DE CADA UM DOS GENITORES.



JÁ NO MECANISMO DE MUTAÇÃO, UMA FITA DE DNA TEM UM DE SEUS GENES MODIFICADOS AO ACASO.

DESSA MANEIRA CRIA-SE NOVAS CARACTERÍSTICAS DENTRO DE UMA MESMA ESPÉCIE. ESSE MECANISMO PODE EXPLICAR O PORQUÊ DE DUAS GIRAFAS TEREM OS PESCOÇOS DE TAMANHO DISTINTOS.



É, MAS NEM SEMPRE A MUTAÇÃO TRAZ BENEFÍCIO. ELA PODE GERAR UM NOVO GENE QUE SEJA PREJUDICIAL AO INDIVÍDUO OU MESMO QUE NÃO CAUSE EFEITO ALGUM.

É VERDADE PAI, VEJO SEMPRE FALAR DE MUTAÇÕES COMO UMA COISA RUIM. MAS AGORA VI QUE EXISTEM OS DOIS LADOS.



BEM, É ASSIM QUE OS SERES VIVOS SE REPRODUZEM.

PAI, ATÉ AGORA O SENHOR APENAS FALOU DE BIOLOGIA. ONDE É QUE A COMPUTAÇÃO ENTRA AÍ?



VAMOS LÁ.

QUANDO ESTAVA LÁ PELA METADE DO CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO, CURSEI UMA DISCIPLINA CHAMADA COMPUTAÇÃO INTELIGENTE.

NESSA DISCIPLINA ESTUDAM-SE MEIOS DE TRABALHAR COM A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL. DENTRE ESSES MEIOS, EXISTE UMA LINHA DE PESQUISA CHAMADA "COMPUTAÇÃO EVOLUTIVA".

NELA UTILIZA-SE DOS CONHECIMENTOS SOBRE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA, EXPLICADO ANTERIORMENTE, PARA PODER CRIAR COMPUTADORES INTELIGENTES.



NOSSA PAI! AGORA FICOU MAIS INTERESSANTE AINDA. EXPLIQUE MAIS!

POIS BEM, VOU FALAR DE "ALGORITMOS GENÉTICOS".



ESSE MECANISMO É UTILIZADO PARA ENCONTRAR SOLUÇÕES DE OTIMIZAÇÃO E É UTILIZADO POR GRANDES EMPRESAS E INSTITUIÇÕES DE MUITO PRESTÍGIO EM TODO O MUNDO.

O ALGORITMO GENÉTICO CONSISTE EM MAPEAR UM PROBLEMA EM UM CASO ONDE CADA SOLUÇÃO POSSA SER REPRESENTADA POR CROMOSSOMOS, OS QUAIS PODEM SOFRER REPRODUÇÃO E GERAR NOVAS SOLUÇÕES.



PAI, O SENHOR DEVE ESTAR DE BRINCADEIRA, NÉ?

COMO REPRESENTAR A SOLUÇÃO PARA UM PROBLEMA MATEMÁTICO, NA FORMA DE UM CROMOSSOMO?



CALMA MEU FILHO, NÃO ESTOU DE BRINCADEIRA. VEJA SÓ...

UM CROMOSSOMO É O DNA CONDENSADO. O DNA É UM CONJUNTO DE GENES E UM GENE REPRESENTA UMA CARACTERÍSTICA.

ASSIM, CASO POSSAMOS REPRESENTAR A SOLUÇÃO PARA UM PROBLEMA COMO UM CONJUNTO, POR EXEMPLO, DE NÚMEROS, ONDE CADA POSIÇÃO É UM GENE, TEREMOS O SIMILAR A UM CROMOSSOMO.

ESTOU COMEÇANDO A ENTENDER, MAS EXEMPLIFICA MAIS, PAI.



VEJAMOS...

DIGAMOS QUE TEMOS UMA FUNÇÃO A SER MAXIMIZADA SENDO QUE CADA SOLUÇÃO ÓTIMA DA FUNÇÃO É UM CONJUNTO DE NÚMEROS.

ASSIM, A DEPENDER DA COMPLEXIDADE DA FUNÇÃO, A OBTENÇÃO DA SOLUÇÃO POR MEIOS NORMAIS PODERIA SER BEM DEMORADA E NÃO SE OBTERIA UM VALOR IDEAL.

LOGO, PODEMOS REPRESENTAR UMA SOLUÇÃO COMO UM CONJUNTO DE VALORES, O QUE NA COMPUTAÇÃO PODE SER CHAMADO DE "VETORES", E UTILIZAR OS PROCESSOS EVOLUTIVOS PARA OBTER UMA MELHOR SOLUÇÃO.

NISSO CONSISTE OS ALGORITMOS GENÉTICOS.





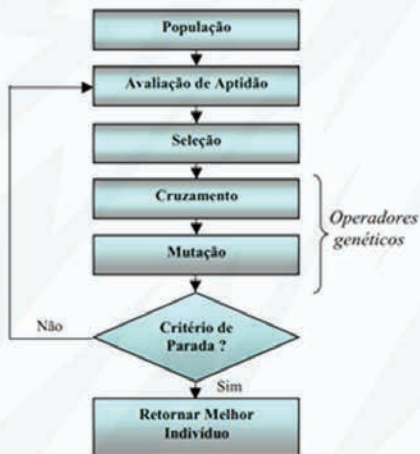
O ALGORITMO GENÉTICO CONSISTE EM 6 PASSOS PRINCIPAIS:

1. MAPEAR O PROBLEMA EM SOLUÇÕES REPRESENTADAS POR CROMOSSOMOS;
2. CRIAR UMA POPULAÇÃO INICIAL DE INDIVÍDUOS;
3. CRIAR UMA FUNÇÃO DE AVALIAÇÃO CHAMADA DE FITNESS, RESPONSÁVEL POR AVALIAR A ADEQUAÇÃO DE CADA CROMOSSOMO/SOLUÇÃO;
4. SELECIONAR INDIVÍDUOS PARA SEREM USADOS NA REPRODUÇÃO;
5. APLICAÇÃO DE MECANISMOS REPRODUTIVOS;
6. CRIAR UMA NOVA GERAÇÃO PARA PODER SER USADA NOVAMENTE.













CONTINUA...



## Bibliografia

HOLLAND, J. Adaptation in natural and artificial systems: An introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence. Complex Adaptive Systems, 2ed. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.

KOZA, J. R Hierarchical genetic algorithms operating on population of computer programs. In: Proceedings of the 11th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-89), Detroit, MI: Morgan Kaufmann, 1989, p. 768–774.

KOZA, J. R Genetic programming: On the programming of computers by means of natural selection. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.

KOZA, J. R Genetic programming II: Automatic discovery of reusable programs. Cambridge, MA: MIT Press, 1994

Fundamentos de Algoritmos Evolutivos – Disponível em: < [http://www.icmc.usp.br/CMS/Arquivos/arquivos\\_enviados/BIBLIOTECA\\_113\\_ND\\_75.pdf](http://www.icmc.usp.br/CMS/Arquivos/arquivos_enviados/BIBLIOTECA_113_ND_75.pdf) > . Acessado em: 11/06/2014

Computação Evolucionária – Disponível em: <<http://www.inf.ufpr.br/aurora/tutoriais/Ceapostila.pdf>> . Acessado em: 08/06/2014

Algoritmos Genéticos – Disponível em: [ftp://143.106.148.79/pub/docs/vonzuben/theses/emi\\_mest/cap3.pdf](ftp://143.106.148.79/pub/docs/vonzuben/theses/emi_mest/cap3.pdf) > Acessado em: 05/06/2014

Otimização de estruturas com multi-objetivos via algoritmos genéticos – Disponível em: [http://www.lania.mx/~ccoello/EMOO/thesis\\_castro.pdf](http://www.lania.mx/~ccoello/EMOO/thesis_castro.pdf) > Acessado em: 05/06/2014

## Mais cartilhas em:

<http://almanaquesdacomputacao.com.br/>

<http://meninasnacomputacao.com.br/>

## Agradecimentos

Ao CNPq, CAPES, SBC, BICEN, DCOMP, PROCC, PROEX e NIT/UFS.

# Sobre os autores

## **CLEBESON CANUTO DOS SANTOS**

### ***Mestrando em ciência da computação pela Universidade Federal de Sergipe – UFS***

Tem experiência na área de programação JAVA e manutenção de Banco de dados além de já ter trabalhado na área de vendas, administrativa e financeira. Graduado em Sistemas de Informação em modalidade de graduação sanduíche UNIT/SE - UAH/Madrid. Durante a graduação desenvolveu pesquisas com GPUs como arquitetura paralela, utilizando CUDA e OPENCL como linguagens de programação para esse tipo de arquitetura. Desenvolveu também trabalhos com linguagens de programação/frameworks (MPI, Pthreads e API ForkJoin) para outros tipos de arquiteturas paralelas para que maximização do aumento de desempenho computacional independa da arquitetura e/ou ambiente que se utiliza. Também pesquisa e desenvolve, desde 2012, trabalhos para ANDROID e inicia estudos em programação para ARDUINO para poder utilizá-la na robótica. Atualmente participa do grupo de pesquisa ITAIR Research Group desenvolvendo estudos de interação natural utilizando o Kinect e dispositivos semelhantes.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7754166023347003>

## **JOSÉ ANTÔNIO DE ANDRADE REIS**

### ***Designer Gráfico - Universidade Federal de Sergipe (UFS)***

Tem experiência nas áreas de design editorial, design de interfaces digitais e ilustração com ênfase na criação de personagens e cenários. Foi responsável por toda a parte gráfica e visual do projeto Siirius Games do final de 2013 ao final de 2014. Graduação em andamento em Design Gráfico Pela Universidade federal de Sergipe.

## **MARIA AUGUSTA SILVEIRA NETTO NUNES**

### ***Bolsista de Produtividade Desen. Tec. e Extensão Inovadora do CNPq - Nível 2 - CA 96 - Programa de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial***

Professor Adjunto IV do Departamento de Computação da Universidade Federal de Sergipe. Membro do Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação (PROCC) na UFS. Pós-doutora em Propriedade Intelectual no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). Doutora em "Informatique pela Université de Montpellier II - LIRMM em Montpellier, França (2008). Realizou estágio doutoral (doc-sanduíche) no INESC-ID-IST Lisboa- Portugal (ago 2007-fev 2008). É mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1998) e possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade de Passo Fundo (1995). Possui experiência acadêmico-tecnológica na área de Ciência da Computação e Inovação Tecnológica/Propriedade Intelectual. Atualmente, suas pesquisas estão voltadas, principalmente na área de inovação Tecnológica usando Computação Afetiva na tomada de decisão Computacional. Atua também em Inovação Tecnológica, Propriedade Intelectual capacitando empresários na área de TI e fornecendo consultoria em Registro de Software e patente.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9923270028346687>

## **SÍLVIO CÉSAR CAZELLA**

Sílvio César Cazella concluiu o doutorado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 2006, tendo realizado doutorado "sanduíche" na Universidade de Alberta no Canadá. Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 1997. Atualmente é Professor Adjunto - Nível II na Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre. Professor efetivo do Programa de Pós-Graduação em Ensino na Saúde (JFCSA), e colaborador do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Saúde (JFCSA). Publicou artigos em periódicos especializados, e trabalhos em anais de eventos. Possui capítulos de livros publicados. Possui resumo de artigo em anais de congresso. Possui software não registrado e software registrado e outros itens de produção técnica. Atua na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas de Recomendação, Aplicação de dispositivos móveis em saúde e Mineração de dados.



ISBN 978-857669403-8

